

Казанский государственный университет

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО К ПРАКТИКУМУ
ПО АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ:
ТЕСТОВЫЕ И КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ
ПО ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДАМ АНАЛИЗА**

Казань - 2007

Печатается по решению секции научно-методического совета
Казанского государственного университета

Составители: доцент, к.х.н. Л.Г. Шайдарова, профессор, д.х.н. Э.П. Медянцева

Руководство предназначено для студентов 2 курса Химического института
им. А.М. Бутлерова КГУ

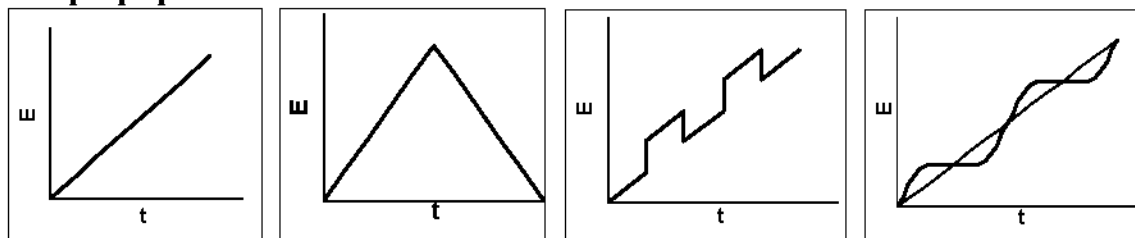
ВОПРОСЫ ПО ПОЛЯРОГРАФИИ И ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ, ВХОДЯЩИЕ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ

1. Сущность полярографии и вольтамперометрии как методов исследования и анализа.
2. Электрохимическая ячейка. Двухэлектродная и трехэлектродная ячейка. Назначение каждого электрода.
3. Электроды, используемые в вольтамперометрии. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Их краткая характеристика.
4. Ртутный капаящий электрод. Его преимущества по сравнению с другими электродами. Характеристики капилляра.
5. Поляризация ртутного электрода. Процесс деполяризации. Деполяризатор.
6. Металлические и графитовые электроды. Преимущества и недостатки.
7. Перенапряжение выделения водорода на разных электродах.
8. Химически модифицированные электроды в вольтамперометрии.
9. Общая характеристика вольтамперной (полярографической) кривой, форма кривой, влияние фонового электролита.
10. Потенциал полуволны как качественная характеристика деполяризатора.
11. Уравнение полярографической волны. Факторы, влияющие на потенциал полуволны.
12. Обратимые и необратимые реакции. Критерии обратимости.
13. Роль комплексообразования в полярографическом анализе ионов металлов.
14. Виды токов. Диффузионный ток. Предельный ток диффузии. Остаточный ток.
15. Максимумы на полярографических кривых. Способы удаления максимумов.
16. Уравнение Ильковича. Факторы, влияющие на диффузионный ток. Зависимость диффузионного тока от концентрации деполяризатора.
17. Способы повышения чувствительности в полярографии.
18. Адсорбционные токи, кинетические и каталитические токи. Примеры реакций.
19. Каталитические токи выделения водорода на ртутно-капающем электроде.
20. Различные варианты вольтамперометрии. Их краткая характеристика. Преимущества и недостатки каждого из них. Способы повышения чувствительности вольтамперометрического метода анализа.
21. Инверсионная вольтамперометрия. Выбор потенциала электролиза и времени электролиза на рабочем электроде.
22. Практическое применение вольтамперометрического метода анализа.
23. Особенности вольтамперометрического определения ионов металлов.
24. Особенности вольтамперометрического определения органических веществ.
25. Аналитические характеристики, которые можно вычислить по результатам различных вариантов вольтамперометрии. Чувствительность, точность и селективность методов анализа.
26. Определение концентрации вещества по методу градуировочного графика, по методу добавок.

БИЛЕТ С ТЕСТОВЫМИ ЗАДАНИЯМИ

ДЕМО-ВЕРСИЯ

1. Выбрать развертку поляризующего напряжения в переменноточковой полярографии



2. Электрохимическая реакция, ограничивающая анодную поляризацию графитового электрода

- а) $2 \text{H}^+ + 2 \text{e} = \text{H}_2$
- б) $\text{O}_2 + 2 \text{H}^+ + 2 \text{e} = \text{H}_2\text{O}_2$
- в) $4 \text{OH}^- - 4 \text{e} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- г) окисление аниона фонового электролита

3. Состав двухэлектродной ячейки в полярографии

- а) ртутный капаящий электрод и ртутное дно
- б) ионоселективный электрод и хлоридсеребряный электрод
- в) ионоселективный электрод и платиновый электрод
- г) два платиновых электрода, площадь поверхности которых отличается в 100 раз.

4. Факторы, влияющие на потенциал полуволны

- а) концентрация определяемого вещества, pH раствора, температура
- б) концентрация фонового электролита, pH раствора, присутствие лигандов, температура
- в) состояние поверхности электрода, концентрация ионов водорода, давление кислорода
- г) температура, ионная сила раствора, давление кислорода

5. Указать критерии каталитической природы тока

- а) линейная зависимость предельного тока от концентрации: $I_d = Kc$,
- б) многократное превышение диффузионного тока
- в) нелинейная зависимость предельного тока от концентрации
- г) зависимость предельного тока от величины остаточного тока

6. Дайте характеристику возможности полярографического определения (группа Б) органических соединений, используя каталитические токи выделения водорода для случаев, приведенных в группе А

Группа А	Группа Б
1. Определение ионов свинца, кадмия и цинка в 1 М растворе HCl 2. Определение комплекса переходного металла с N- или S-содержащим лигандом 3. Совместное определение белка и серосодержащих аминокислот	а) Определение возможно б) Определение невозможно в) Определение возможно после предварительного разделения

7. Способы повышения селективности полярографического определения ионов металлов

- а) изменения способа развертки поляризующего напряжения
- б) введение в раствор электролита реагентов с лигандными свойствами
- в) увеличение концентрации фонового электролита
- г) изменение рабочей области потенциалов

ЗАДАЧИ ДЛЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Б И Л Е Т № 1

1. Сущность метода полярографии.
2. Объяснить форму полярограммы.
3. Химически модифицированные электроды в вольтамперометрии.
4. Используя зависимость $\lg(I/I_d - I) - E$, вычислить потенциал полуволны и число электронов, участвующих в катодном процессе восстановления $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ в 1 М NaOH , по следующим данным

$-E, \text{ В}$	0.645	0.695	0.720	0.745	0.770	0.795	0.820	0.870	0.920
$I, \text{ мкА}$	0.30	0.30	0.46	1.14	2.35	2.89	3.00	3.00	3.00

5 Навеску сульфата кобальта массой 2.5000 г растворили, добавили необходимые реактивы (HCl , желатин, пиридин) и разбавили до 100 мл. Аликвоту раствора объемом 50 мл полярографировали и получили диффузионный ток, равный 1.35 мкА. Затем в полярографическую ячейку добавили 5 мл стандартного раствора, содержащего 1×10^{-2} М NiCl_2 , и получили диффузионный ток 3.8 мкА. Вычислить массовую долю (%) Ni в препарате.

Б И Л Е Т № 2

1. Сущность метода инверсионной вольтамперометрии.
2. Объяснить форму инверсионной вольтамперограммы.
3. Роль комплексообразования в полярографическом анализе ионов металлов.
4. Определить характеристику капилляра, если 50 капель ртути, вытекающей из капилляра за 140 с, весят 0.4826 г (при потенциале - 0.6 В относительно нас. к. э.)
5. При полярографировании стандартных растворов свинца (II) получили следующие результаты:

Концентрация Pb^{2+} , мг/мл	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
h , мм	2.0	4.0	6.0	8.0	10

Навеску алюминиевого сплава массой 4.848 г растворили и раствор разбавили до 50 мл. Высота полярографической волны свинца в полученном растворе оказалась равной 7.0 мм. Вычислить массовую долю (%) свинца в образце.

БИЛЕТ № 3

1. Сущность метода циклической вольтамперометрии.
2. Объяснить форму циклической вольтамперограммы.
3. Каталитические токи выделения водорода на ртутно-капающем электроде.
4. Определить характеристику капилляра, если 25 капель ртути весят 0.2835 г, а время образования 10 капель составляет 15 с (при потенциале - 0.6 В относительно донной ртути).
5. При регистрации инверсионных вольтамперограмм стандартных растворов свинца (II) получили следующие результаты:

$C(Pb^{2+}) \times 10^6$, г/мл	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
h , мм	4.0	8.0	12.0	16.0	20

Вычислить содержание свинца в промышленных сточных водах (г/мл), если высота инверсионного пика свинца в исследуемом растворе оказалась равной 6.0 мм.

БИЛЕТ № 4

1. Сущность дифференциально-импульсной вольтамперометрии.
2. Двухэлектродная и трехэлектродная ячейка. Назначение каждого электрода.
3. Уравнение полярографической волны. Факторы, влияющие на потенциал полуволны.
4. Рассчитайте силу тока, протекающего через 0.2 М раствор KCl, содержащий сульфат меди в количестве 0.05 мг/мл, при потенциале - 0.5 В относительно нас. к. э., если характеристика капилляра равна 1.85, а $D = 1.95 \times 10^{-5} \text{ см}^2 \text{ с}^{-1}$.
5. *D*-рибофлавин и тиамин в 0.1 М растворе KCl имеют потенциалы полуволн $E_{1/2}$, равные -0.35, и -1.17 В соответственно. Для построения градуировочных графиков записали полярограммы четырех стандартных растворов:

	Предельный ток, мкА			
Концентрация, моль/л	4×10^{-4}	6×10^{-4}	8×10^{-4}	1×10^{-3}
<i>D</i> -рибофлавин	2.4	3.6	4.8	6.0
Тиамин	3.6	5.4	7.2	9.0

Вычислить концентрацию (мг/мл) *D*-рибофлавина и тиамина в анализируемом растворе, если на полученной полярограмме диффузионные токи равны 2.8 (для *D*-рибофлавина) и 7.5 (для тиамина).

БИЛЕТ № 5

1. Сущность переменноточковой вольтамперометрии.
2. Остаточный ток, его составляющие.
3. Инверсионная вольтамперометрия как многокомпонентный метод определения ионов металлов. Разрешающая способность в вольтамперометрии.
4. Рассчитайте эффективный коэффициент диффузии ионов кадмия по следующим данным: величина предельного диффузионного тока равна 9.7 мкА, концентрация ионов кадмия в растворе 7.5×10^{-4} М, масса 100 капель ртути 1.250 г, время образования 20 капель равна 36 с.
5. При регистрации инверсионных вольтамперограмм стандартных растворов меди (II) получили следующие результаты:

$C(\text{Cu}^{2+}) \times 10^3$, г/мл	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50
h , мм	9.0	17.5	26.2	35.0	43.5

Навеску латуни массой 0.069 г растворили и раствор разбавили до 50 мл. Высота инверсионного пика меди в исследуемом растворе оказалась равной 11.0 мм. Вычислить массовую долю (%) меди в образце.

БИЛЕТ № 6

1. Качественная характеристика полярографической волны.
2. Способы определения наклона волны.
3. Особенности вольтамперометрии органических соединений.
4. Используя зависимость $\lg(I/I_d - I) - E$, вычислить потенциал полуволны и число электронов, участвующих в катодном процессе восстановления бензальдегида в фосфатном буферном растворе с рН 2.75, по следующим данным:

$-E$, В	0.800	0.900	0.950	1.000	1.050	1.100	1.150	1.200	0.250
I , мкА	0.00	0.00	0.35	1.26	2.20	2.44	2.50	2.50	2.50

5. Для определения свинца в цинковой руде методом добавок навеску руды массой 2.266 г растворили в смеси кислот, восстановили железо (III), добавили желатин и раствор разбавили до 200 мл. Аликвоту 20 мл поместили в электрохимическую ячейку и после полярографирования измерили высоту полярографической волны при $E = 0.45$ В (относительно нас.к.э.). При этих условиях ионы меди, цинка, кадмия не мешают определению свинца. После добавления в электролизер 5 мл стандартного раствора 0.0200 М $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ высота волны увеличилась до 35 мм. Вычислить массовую долю (%) свинца в руде.

БИЛЕТ № 7

1. Электродные материалы, используемые в вольтамперометрии при изготовлении рабочих электродов. Их краткая характеристика.
2. Ртутный капаящий электрод. Его преимущества по сравнению с другими электродами. Характеристики капилляра.
3. Способы повышения чувствительности вольтамперометрического метода анализа. Изменение отношения сигнал/шум.
4. Используя зависимость $\lg(I/I_d - I) - E$, вычислить потенциал полуволны и число электронов, участвующих в катодном процессе восстановления ионов таллия в 1 М NaOH, по следующим данным

$-E, \text{ В}$	0.500	0.650	0.675	0.700	0.725	0.750	0.775	0.800	0.850
$I, \text{ мкА}$	0.00	1.00	2.70	6.90	15.0	26.8	35.80	41.00	45.00

5. После соответствующей обработки навески биологического материала массой 20 мг получили 20 мл щелочного раствора, содержащего билирубин ($M_r = 584.67$ г/моль). Измерили диффузионный ток восстановления билирубина (0.40 мкА). В электролизер добавили 5 мл стандартного раствора билирубина с концентрацией 5×10^{-4} моль/л и измерили диффузионный ток при тех же условиях (0.93 мкА). Вычислить концентрацию (мг/г) билирубина в образце биологического материала.

БИЛЕТ № 8

1. Способы определения концентрации вещества в вольтамперометрии.
2. Чувствительность вольтамперометрических методов анализа.
3. Диффузионные, адсорбционные, кинетические и каталитические токи.
4. Определить в каком отношении меняются наклоны полярографических волн, полученных в одинаковых условиях (состав электрохимической ячейки, фоновый электролит) при электровосстановлении ионов металлов M^{1+} , M^{2+} , M^{3+} с одинаковой концентрацией.
5. Навеску биологического материала массой 50 мг подвергли гидролизу, к полученному гидролизату протеина добавили растворы хлорида кобальта, аммонийного буферного раствора и разбавили до 50 мл. Полярографическая волна этого раствора вызвана каталитическим выделением водорода на катоде в присутствии образующегося комплексного соединения кобальта (II) с цистином, содержащимся в гидролизате протеина. Измерили высоту каталитической волны при $E = -1.6$ В, она равна 14,5 мкА. К раствору добавили 5 мл стандартного раствора цистина с концентрацией 2×10^{-5} М. Ток волны увеличился на 7.2 мкА. Вычислить концентрацию (мг/кг) цистина ($M_r = 240.29$ г/моль) в биологическом материале.

БИЛЕТ № 9

1. Поляризация ртутного электрода. Электрокапиллярная кривая. Деполяризация, деполяризатор.
2. Количественная характеристика полярографической волны.
3. Обратимость, квазиобратимость, необратимость электрохимических реакций. Критерии обратимости.
4. Определить соотношение высот полярографических волн, полученных в одинаковых условиях (состав электрохимической ячейки, фоновый электролит) при электровосстановлении ионов металлов M^{1+} , M^{2+} , M^{3+} с одинаковой концентрацией.
5. Для построения градуировочного графика одинаковые навески четырех стандартных образцов стали, содержащих хром, растворили, сняли их полярограммы и измерили высоту полярографической волны :

Массовая доля Cr, %	0.30	0.42	0.96	1.4
h, мм	6.0	8.4	19.4	28.0

Определить массовую долю хрома в анализируемом образце, если при полярографировании раствора, полученного в аналогичных условиях, высота полярографической волны оказалась равной 18 мм.

БИЛЕТ №10

1. Принципиальная схема полярографической цепи.
2. Определение критериев обратимости электрохимических реакций.
3. Сходимость и воспроизводимость вольтамперных характеристик. Способы очистки поверхности рабочих электродов.
4. Каково соотношение высот волн на классической полярограмме раствора смеси ионов $M(3+) \rightarrow M(0)$ и $M(2+) \rightarrow M(0)$ при равных концентрациях?
5. Для определения кадмия в сплаве методом добавок навеску сплава массой 3.542 г растворили в смеси кислот и раствор разбавили до 250 мл. Аликвоту 20 мл полярографировали и измерили высоту полярографической волны кадмия. Другие компоненты сплава не мешали определению кадмия. После добавления в электролизер 10 мл стандартного раствора 0.0300 М $CdSO_4$ высота волны увеличилась до 29 мм. Вычислить массовую долю (%) кадмия в образце.

ВОПРОСЫ ПО ПОТЕНЦИОМЕТРИИ, ВХОДЯЩИЕ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ

1. Теоретические основы метода потенциометрии. Уравнение Нернста. Влияние различных факторов на потенциал индикаторного электрода.
2. Механизм возникновения потенциала: ионно-электронный (металл - ион металла в растворе), электронный (инертный электрод - окислительно-восстановительная система), ионообменный (мембранные электроды).
3. Различные варианты потенциометрии. Их краткая характеристика.
4. Прямая потенциометрия (ионометрия): назначение и область применения, возможности, преимущества и ограничения.
5. Классификация и характеристика электродов. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Требования к ним. Поляризуемые и неполяризуемые электроды.
6. Электроды I рода. Металлические (платина, медь, цинк и др.), газовые (водородный), жидкие (ртуть, амальгамы).
7. Электроды II рода как электроды сравнения. Устройство, назначение, механизм действия. Требования, предъявляемые к ним. Каломельный, хлорсеребряный, металлоксидные (сурьма - оксид сурьмы) электроды.
8. Электроды III рода. Устройство, назначение, механизм действия.
9. Окислительно-восстановительные (редокс) электроды. Область применения, назначение, механизм действия.
10. Мембранные (ионоселективные) электроды. Электродно-активные вещества в составе ионоселективных электродов. Общие подходы к подбору электродноактивных веществ для ионоселективных электродов. Различные типы ионоселективных электродов: гомогенные и гетерогенные, твердые, жидкие и пленочные.
11. Примеры электродов на ионы калия, кальция, тяжелых металлов, галогенидов, нитрат- и нитрит-анионов. Оценка селективности ионоселективных электродов.
12. pH-метрия. Электроды для измерения pH: водородный, хингидронный, сурьмяный (металлоксидный). Механизм и границы отклика на pH
13. Стекланный электрод. Преимущества стеклнного электрода по сравнению с другими pH-электродами. Уравнение Никольского.
14. Отклонения в работе стеклнного электрода. Потенциал асимметрии: причины его возникновения, способы устранения.
15. Аналитические характеристики, которые можно вычислить по результатам различных вариантов потенциометрии.
16. Преимущества потенциометрического титрования: а) перед обычной титриметрией, б) перед прямой потенциометрией. Требования, предъявляемые к химическим и электрохимическим реакциям в этом варианте потенциометрии.
17. Индикаторные электроды в потенциометрическом титровании: кислотно-основном, окислительно-восстановительном, осаждения и комплексообразования.
18. Кривые титрования. Факторы, влияющие на величину скачка на кривых (по типу реакций). Способы нахождения конечной точки титрования: расчетные, графические, титрование до определенной величины потенциала, до отсутствия или появления тока в цепи.
19. Способы нахождения конечной точки титрования и точки эквивалентности.
20. Факторы, определяющие величину скачка потенциалов на кривых потенциометрического титрования
21. Аппаратура в потенциометрическом методе анализа.
22. Примеры практического применения потенциометрического титрования. Кислотно-основное титрование: определение кислот и оснований в водной и водно-органической средах. Окислительно-восстановительное титрование. Осадительное титрование. Комплексонометрическое титрование.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Основные положения потенциометрии

1. Что такое потенциометрические методы анализа?
2. Напишите уравнение Нернста и поясните значения всех входящих в него величин.
3. Какие основные величины входят в уравнение Нернста?
4. Что называется электродным потенциалом?
5. Что такое стандартный электродный потенциал? Физический смысл стандартного окислительно-восстановительного потенциала.
6. Как определяется знак электродного потенциала в соответствии с требованиями ИЮПАК?
7. Как на практике определяют абсолютную величину окислительно-восстановительного потенциала?
8. Что такое формальный потенциал (реальный)?
9. Какие факторы влияют на величину электродного потенциала?
10. Объясните механизм возникновения потенциала: ионно-электронный, электронный, ионообменный.
11. Назовите единицу измерения электрического потенциала, чему она равна?
12. Что такое равновесный потенциал?
13. Для каких окислительно-восстановительных систем применимо уравнение Нернста?
14. Почему необратимые окислительно-восстановительные системы нельзя использовать при потенциометрических измерениях?
15. Запишите зависимость измеряемого потенциала от концентрации (активности) определяемого соединения.
16. Что такое ЭДС? Как она измеряется?
17. Напишите уравнение для выражения ЭДС гальванического элемента.
18. Какова погрешность измерения значения потенциала при потенциометрических измерениях?

Прямая потенциометрия

1. Какие Вы знаете варианты потенциометрии?
2. Сущность метода прямой потенциометрии. Какая зависимость лежит в основе потенциометрических измерений?
3. Приведите схему установки для прямых потенциометрических измерений.
4. Сущность потенциометрического титрования.
5. Возможности прямой потенциометрии.
6. Ограничения прямой потенциометрии.
7. Какие аналитические характеристики можно вычислить по данным потенциометрических измерений?
8. В каких координатах следует строить градуировочный график в методе прямой потенциометрии, чтобы он был линейным?
9. Каковы недостатки метода градуировочного графика при прямых потенциометрических измерениях? С чем связаны недостатки метода градуировочного графика?

10. В каких случаях можно применять метод добавок при прямых потенциометрических измерениях?
11. Чем обусловлены недостатки прямых потенциометрических определений с использованием уравнения Нернста?
12. Назовите область рабочих концентраций в прямой потенциометрии.
13. Чем определяется предел обнаружения в прямой потенциометрии?
14. Что такое жидкостный потенциал?
15. Почему важно свести к минимуму жидкостный потенциал при прямых потенциометрических измерениях? Как это можно сделать?

Потенциометрическое титрование

1. Сущность метода потенциометрического титрования.
2. Приведите принципиальную схему установки для потенциометрического титрования.
3. Назовите способы нахождения точки эквивалентности по данным потенциометрических измерений.
4. Дайте определение конечной точки титрования и точки эквивалентности. В чем их отличие?
5. В каких случаях следует применять метод Грана для интерпретации результатов потенциометрического титрования?
6. Какие требования предъявляются к химическим реакциям, используемым в потенциометрии?
7. Возможности кислотно-основного титрования в потенциометрическом варианте.
8. Возможности потенциометрического титрования с использованием окислительно-восстановительных реакций.
9. Возможности потенциометрического титрования с использованием реакций осаждения.
10. Возможности потенциометрического титрования с использованием реакций комплексообразования.
11. Назовите область рабочих концентраций в потенциометрическом титровании.
12. Преимущества потенциометрического титрования перед "классическим".
13. Назовите принципиальное отличие прямой потенциометрии от косвенной.
14. Назовите преимущества потенциометрического титрования перед прямой потенциометрией.
15. Приведите примеры прямых и косвенных потенциометрических определений.
16. Какова погрешность измерения значения потенциала при потенциометрических измерениях?
17. Укажите индикаторные электроды для использования кислотно-основных реакций при потенциометрическом титровании.
18. Укажите индикаторные электроды для использования в окислительно-восстановительных реакций при потенциометрическом титровании.
19. Назовите индикаторные электроды для использования реакций комплексообразования при потенциометрическом титровании.
20. Укажите индикаторные электроды для использования реакций осаждения при потенциометрическом титровании.
21. При каких условиях возможно потенциометрическое титрование двух и более веществ?

22. Назовите факторы, влияющие на величину скачка потенциалов на кривых титрования, при использовании всех типов реакций в потенциометрическом титровании.
23. В каких случаях при комплексонометрическом и осадительном потенциометрическом титровании можно использовать окислительно-восстановительные индикаторные электроды?
24. Почему влияние жидкостного потенциала не так существенно при потенциометрическом титровании?

Электроды в потенциометрии: индикаторные электроды

1. Дайте определение индикаторного электрода.
2. Назовите отличительные признаки индикаторного электрода. Каким требованиям он должен удовлетворять?
3. Что такое равновесный потенциал? Как нужно проводить измерение потенциала индикаторного электрода, чтобы его величину можно было принять равной равновесному?
4. Какие признаки могут быть использованы как определяющие при различных классификациях индикаторных электродов?
5. Классификация электродов по их назначению.
6. Классификация индикаторных электродов по материалу, из которого они изготовлены.
7. Каковы отличия металлических индикаторных электродов от мембранных электродов?
8. Приведите примеры активных и инертных металлических электродов.
9. Назовите требования, которым должен удовлетворять металлический электрод.
10. Назовите металлы, пригодные для изготовления индикаторных электродов.
11. Что такое амальгамный электрод? В каких случаях используют амальгамные электроды?
12. Классификация электродов по типу механизма формирования электродного потенциала.
13. Опишите принципиальное устройство металлических электродов I рода и механизм формирования потенциала.
14. Опишите принципиальное устройство водородного электрода. Почему газовый водородный электрод причисляют к электродам I рода?
15. Назовите рН - чувствительный электрод I рода и опишите принцип его действия.
16. Для чего необходим стандартный водородный электрод?
17. Назовите преимущества и недостатки водородного электрода.
18. Какие металлы могут быть использованы для изготовления окислительно-восстановительных (редокс) электродов?
19. Какой механизм формирования потенциала реализуется для таких электродов?
20. Опишите принципиальное устройство и механизм функционирования хингидронного электрода.
21. Преимущества и недостатки хингидронного электрода.
22. Назовите окислительно-восстановительный рН - чувствительный электрод, опишите его устройство и интервал измерения рН.
23. Опишите принципиальное устройство мембранного (ионоселективного) электрода.

24. Какие типы мембран применяют для изготовления ионоселективных электродов.
25. Опишите устройство pH-чувствительного стеклянного электрода.
26. Каков состав pH - чувствительных стеклянных мембран?
27. Опишите процедуру подготовки стеклянного электрода к работе.
28. Изобразите схематически строение стеклянной мембраны готовой к работе.

Ионселективные электроды

1. Опишите механизм функционирования стеклянного электрода.
2. Можно ли стеклянный электрод использовать как электрод селективный по отношению к ионам Na^+ , K^+ или другим ионам?
3. Назовите основные ошибки, которые могут возникать при работе с pH - чувствительным стеклянным электродом.
4. Назовите основные источники погрешностей при измерении pH стеклянным электродом и причины их возникновения.
5. Почему результаты измерения pH в сильнощелочных растворах обычно занижены?
6. Как можно расширить измеряемый интервал pH стеклянного электрода?
7. Какой pH - чувствительный электрод лучше всего использовать для измерения pH в сильнокислых, в сильнощелочных растворах?
8. Что такое потенциал асимметрии? Какой экспериментальный факт может служить доказательством наличия потенциала асимметрии?
9. Как можно устранить влияние потенциала асимметрии на показания стеклянного электрода?
10. В чем смысл градуировки стеклянного электрода по стандартным буферным растворам?
11. Как осуществляют градуировку стеклянного электрода по стандартным буферным растворам?
12. Какие типы мембран применяют для изготовления ионоселективных электродов?
13. Напишите уравнение Никольского. Чем отличается уравнение Никольского от уравнения Нернста? Какие дополнительные характеристики ионоселективного электрода входят в уравнение Никольского?
14. Есть ли отличия при записи уравнения Никольского для электрода селективного к катионам и электрода селективного к анионам?
15. Что такое "электродная функция" («нернстовская» функция) ионоселективного электрода? Как ее определяют?
16. Чему равна крутизна электродной функции для ионоселективных электродов на однозарядные, двухзарядные или трехзарядные ионы?
17. Что такое коэффициент селективности ионоселективного электрода?
18. Что означает коэффициент селективности $K_{A/B} = 10^{-4}$?
19. Какие методы оценки коэффициентов селективности Вам известны?
20. Почему при определении коэффициента селективности предпочитают метод смешанных растворов?
21. Напишите уравнение, связывающее измеряемый потенциал ионоселективного электрода с активностью определяемого иона. Поясните, как его можно использовать для нахождения концентрации этого иона.

22. Будет ли электрод с мембраной из LaF_3 реагировать на La^{3+} - ионы также, как и на F^- - ионы?
23. Почему значение pH раствора влияет на показания F^- - ионоселективного электрода?
24. В каком интервале pH показания F^- - селективного электрода наиболее адекватны истинному содержанию F^- - ионов?
25. Какие основные моменты нужно учесть при подготовке пробы для определения концентрации фторид-иона фторид-селективным электродом?
26. Чем обусловлена высокая селективность F^- - селективного электрода?
27. Назовите наиболее известный и наиболее широко применяемый ионоселективный электрод.
28. Классификация ионоселективных электродов по типу используемых мембран.
29. Опишите принципиальное устройство ионоселективного электрода с жидкой мембраной? Его аналитические возможности.
30. Чем обусловлена высокая селективность электродов с твердыми кристаллическими мембранами?
31. Что такое предел обнаружения для ионоселективного электрода? Как его определяют?
32. Принципиальное устройство "ферментного" электрода?
33. Назовите электроды обратимые по отношению к катионам и анионам.
34. Каковы общие свойства мембран, используемых для изготовления ионоселективных электродов?
35. Какие индикаторные электроды используют в прямой потенциометрии?

Электроды сравнения

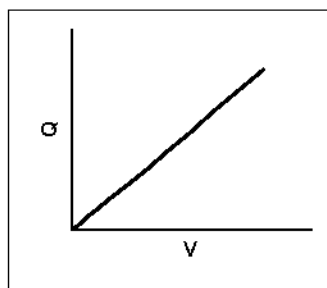
1. Какие требования предъявляются к электродам сравнения?
2. Какие электроды можно использовать как электроды сравнения?
3. Назовите факторы, которые могут влиять на потенциал электрода сравнения.
4. Опишите принцип работы стандартного водородного электрода.
5. Назовите преимущества и недостатки водородного электрода как электрода сравнения.
6. Электроды второго рода как электроды сравнения.
7. Основные электрохимические реакции, лежащие в основе функционирования электродов 2-го рода.
8. Приведите примеры электродов 2 рода.
9. Опишите принципиальное устройство и принцип работы хлоридсеребряного электрода.
10. Опишите принципиальное устройство и принцип работы каломельного электрода.
11. Что такое металлоксидные электроды? Приведите примеры.
12. Могут ли электроды II рода служить индикаторными?
13. Запишите уравнение Нернста для значения потенциала хлоридсеребряного электрода.
14. Запишите уравнение Нернста для значения потенциала каломельного электрода.
15. Почему в качестве электродов сравнения применяют чаще всего хлоридсеребряный и каломельный электроды?
16. Назовите pH - чувствительный электрод II рода и опишите механизм его функционирования.

БИЛЕТ С ТЕСТОВЫМИ ЗАДАНИЯМИ

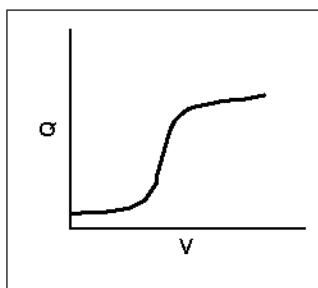
ДЕМО-ВЕРСИЯ

1. Укажите, от каких величин зависит потенциал окислительно-восстановительной системы:
 - а) от концентрации компонентов системы в раствор;
 - б) от природы исследуемых соединений;
 - в) от заряда иона;
 - г) от выбора индикаторного электрода и электрода сравнения;
 - д) от условий измерения ЭДС (тип электрохимической ячейки, перемешивание раствора и т.д.).
2. ЭДС цепи с нитрат-селективным электродом при изменении активности иона на порядок изменится
 - а) на 59 мВ;
 - б) на 29 мВ;
 - в) на 100 мВ;
 - г) на 19 мВ.
1. Электроды 1 рода это:
 - а) хлорсеребряный;
 - б) амальгамный;
 - в) стеклянный;
 - г) водородный;
 - д) медный;
 - е) фторидселективный.
4. При погружении ионоселективного электрода в измеряемый раствор чаще всего происходит
 - а) обмен ионами на поверхности мембраны;
 - б) адсорбция ионов на поверхности мембраны;
 - в) перенос электронов.
4. Минимальная концентрация иона, которую можно определять методом потенциометрического титрования с использованием кислотно-основных реакций составляет:
 - а) 10^{-2} моль/л;
 - б) 10^{-3} моль/л;
 - в) 10^{-4} моль/л;
 - г) 10^{-1} моль/л.
5. Из приведенных графиков кривой потенциометрического титрования соответствует зависимость

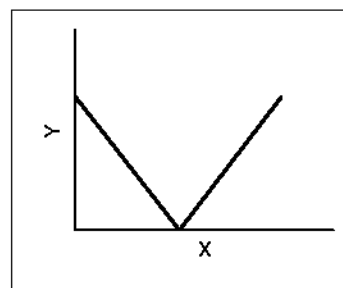
а)



б)



в)



ЗАДАЧИ ДЛЯ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

БИЛЕТ № 1

1. Навеску образца массой 2,040 г растворили и Tl^+ потенциметрически оттитровали 0,1000 н раствором $KBrO_3$ в солянокислой среде:



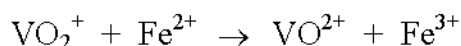
Построить кривые потенциметрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание таллия в сплаве по следующим данным:

$V(BrO_3^-)$, мл	2,0	10,0	17,0	18,8	19,0	19,2	21,0
E , мВ	1250	1280	1310	1340	1410	1430	1450

2. Для определения константы устойчивости комплекса меди с цитратом (H_3Cit) использовали потенциметрическую ячейку, состоящую из медного электрода и стандартного водородного электрода. Потенциал такой ячейки равен 0,091 В. Рассчитайте $\beta_{(CuCit^-)}$, если $C_{H_3Cit} = 0,1$ М, $[H^+] = 1 \cdot 10^{-6}$ М, $[CuCit^-] = 0,04$ М.
3. Рассчитайте ошибку измерения потенциала ионоселективного электрода на нитрат-ион, вызванную присутствием в растворе нитрит-ионов, если $a_{NO_3^-} = 0,001$ М, $a_{NO_2^-} = 0,01$ М, $E_{Ag^+/Ag}^\circ = 0,06$.

БИЛЕТ № 2

1. Навеску стали массой 2,000 г растворили в HNO_3 и после соответствующей обработки ванадий оттитровали потенциметрически 0,1000 М раствором $FeSO_4$:



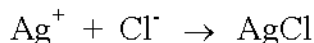
Построить кривые титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание ванадия в стали по следующим данным:

$V(FeSO_4)$, мл	2,0	12,0	19,0	20,8	21,0	21,2	23,0
E , мВ	1060	1000	940	901	885	841	830

2. Потенциал ячейки, состоящий из цинкового металлического электрода и стандартного водородного электрода в присутствии комплекса цинка ZnL_4^{2-} , концентрация которого равна $6,0 \cdot 10^{-2}$ М и 0,15 М раствора лиганда L, равен - 1,072. Рассчитайте $\beta_{(ZnL_4^{2-})}$.
3. Рассчитайте ошибку измерения потенциала ионоселективного электрода при определении ионов меди, вызванную присутствием в растворе ионов магния, если $\rightarrow = 0,001$ М, $a_{Mg^{2+}} = 0,01$ М, $K_{Cu^{2+}/Mg^{2+}} = 0,06$.

БИЛЕТ № 3

1. Навеску серебряного сплава массой 2,157 г растворили и после соответствующей обработки довели раствор до 100 мл. 25,0 мл приготовленного раствора перенесли в электрохимическую ячейку и провели потенциометрическое титрование 0,1200 М раствором NaCl:



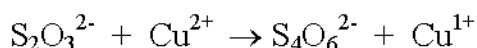
Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание серебра в сплаве, если при титровании были получены следующие данные:

V(NaCl), мл	16,0	18,0	19,0	19,5	19,9	20,0	20,1	20,5	21,0
E, мВ	689	670	652	634	594	518	440	401	383

2. Рассчитайте K_a слабой кислоты HA, если потенциал ячейки, состоящий из водородного электрода и стандартного водородного электрода, равен -0,295 В, а $C_{\text{HA}} = 0,01 \text{ M}$.
3. Рассчитайте ошибку измерения потенциала ионоселективного электрода при определении ионов меди, вызванную присутствием в растворе ионов кальция, если $a_{\text{Cu}^{2+}} = 0,001 \text{ M}$, $a_{\text{Ca}^{2+}} = 0,01 \text{ M}$, $K_{\text{Cu}^{2+}/\text{Ca}^{2+}} = 0,002$.

БИЛЕТ № 4

1. Навеску медного сплава 0,7500 г растворили и довели объем до 250 мл. 25 мл приготовленного раствора оттитровали потенциометрически раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ с титром по меди $T_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3/\text{Cu}} = 0,01664 \text{ г/мл}$:



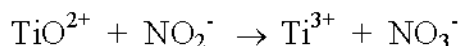
Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и рассчитать процентное содержание меди в сплаве по следующим данным:

V($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), мл	1,50	1,90	2,00	2,05	2,08	2,10	2,12	2,15	2,20
E, мВ	475	445	424	405	382	305	232	186	162

2. Свинцовый электрод погружен в $1 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ раствор соли NaI, насыщенный PbI_2 , в паре с насыщенным каломельным электродом служит катодом. Рассчитайте $K_s(\text{PbI}_2)$, если $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,126$, $E_{\text{НКЭ}} = 0,247 \text{ В}$, а потенциал системы равен -0,540 В.
3. Оцените, при какой активности Na^+ ошибка измерения потенциала ионоселективного электрода в растворе составит не более 1%, если $a_{\text{Ca}^{2+}} = 0,001 \text{ M}$, $K_{\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^+} = 2 \cdot 10^{-4}$.

БИЛЕТ № 5

1. Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание титана в сплаве, если навеску 0,6000 г сплава растворили, в результате чего титан перевели в TiO^{2+} и оттитровали раствором 0,0958 н NO_2^- :



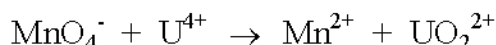
При потенциометрическом титровании получены следующие данные:

$V(NO_2^-)$, мл	2,0	10,0	18,0	19,0	20,0	20,2	22,0	24,0
E , мВ	160	100	45	20	-18	-155	-295	-351

2. Серебряный электрод погружен в $1 \cdot 10^{-2}$ М раствор Na_2SeO_3 , насыщенный Ag_2SeO_3 , в паре со стандартным водородным электродом служит катодом. Рассчитайте $K_s(Ag_2SeO_3)$, если $E_{Ag/Ag^+}^0 = 0,799$ В, а потенциал системы равен 0,450 В.
3. Какова должна быть активность ионов NO_2^- , чтобы ошибка в измерении потенциала ионоселективного электрода на нитрат-ионы не превышала 0,1 %, если $a_{NO_3^-} = 0,001$ М, $K_{NO_3^-/NO_2^-} = 0,06$?

БИЛЕТ № 6

1. Навеску руды массой 0,0800 г растворили, уран перевели в уран (IV) и оттитровали потенциометрически 0,0100 н раствором $KMnO_4$:



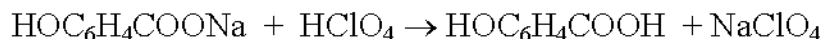
Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание урана в руде по следующим данным:

$V(MnO_4^-)$, мл	2,0	10,0	16,0	17,8	18,0	18,2	20,0
E , мВ	301	330	359	389	1170	1480	1500

2. Для измерения pH кислых растворов использовали ячейку, состоящую из хингидронного электрода и НКЭ. В условиях эксперимента (25^0C) ЭДС ячейки равна 0,313 В. Каков pH раствора, если $E_{НКЭ} = 0,246$ В, а $E_{\text{хинон/гидрохинон}}^0 = 0,699$ В?
3. Какова должна быть активность хлорид-ионов Cl^- , чтобы ошибка измерения потенциала ионоселективного электрода в растворе составила не более 0,1 %, если $a_{ClO_4^-} = 0,001$ М, $K_{ClO_4^-/Cl^-} = 0,01$

БИЛЕТ № 7

1. Навеску технического салициловокислого натрия ($\text{HOС}_6\text{H}_4\text{COONa}$) массой 0,8606 г растворили в мерной колбе на 50,0 мл в ледяной уксусной кислоте. При потенциометрическом титровании 5,00 мл полученного раствора 0,1030 М раствором HClO_4 в ледяной уксусной кислоте в соответствии с реакцией:




Получили следующие результаты:

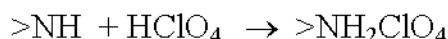
$V(\text{HClO}_4)$, мл	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
E , мВ	440	447	457	474	512	595	615	625

Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и рассчитать процентное содержание индифферентных примесей.

2. Рассчитайте растворимость CdA_2 по следующим данным: потенциал кадмиевого электрода, служащего анодом относительно насыщенного каломельного электрода в растворе насыщенного CdA_2 и 0,01 М NaA , равен 0,971 В, $E^\circ_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = -0,403$, $E_{\text{НКЭ}} = 0,247$ В.
3. Какова должна быть активность Cl^- , чтобы ошибка измерения потенциала ионоселективного электрода в растворе составила не более 1 %, если $a_{\text{ClO}_4^-} = 0,001$ М, $K_{\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-} = 0,012$?

БИЛЕТ № 8

1. Навеску пролина массой 0,0480 г ( - COOH) растворили в ледяной уксусной кислоте и оттитровали 0,1035 н HClO_4 в уксусной кислоте в соответствии с реакцией



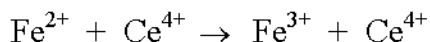
Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание основного вещества, если получены следующие данные:

$V(\text{HClO}_4)$, мл	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4
E , мВ	136	145	157	176	279	325	339	345

2. Свинцовый электрод погрузили в $2,0 \cdot 10^{-2}$ М раствор $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$, насыщенный PbC_2O_4 в паре со стандартным водородным электродом. Рассчитайте $K_s(\text{PbC}_2\text{O}_4)$, если потенциал такой ячейки равен 0,303 В.
3. Определить наклон градуировочного графика для ионоселективного электрода на Ca^{2+} и сравнить его с наклоном кривых зависимости E от pH для стеклянного электрода.

БИЛЕТ № 9

1. Навеску стали 1,2000 г растворили, железо перевели в Fe^{2+} и оттитровали потенциометрически 1,000 М раствором $\text{Ce}(\text{SO}_4)_2$:



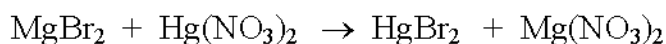
Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и вычислить процентное содержание легирующих добавок в стали по следующим данным:

$V(\text{Ce}(\text{SO}_4)_2)$, мл	2,0	10,0	18,0	19,8	20,0	20,2	22,0
E , мВ	712	771	830	889	110	1330	1390

2. В насыщенный водный раствор малорастворимой соли серебра опущены серебряный индикаторный и стандартный водородный электроды. Потенциал серебряного электрода равен 0,434 В. Рассчитайте концентрацию ионов серебра в растворе, если $E^\circ_{\text{Ag}/\text{Ag}^+} = 0,800$ В.
3. Константа селективности $K_{\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}} = 0,01$. С какой ошибкой можно измерить потенциал ионоселективного электрода с жидкой мембраной на Ca^{2+} в присутствии Mg^{2+} , если $a_{\text{Ca}^{2+}} = 0,001$ М, $a_{\text{Mg}^{2+}} = 0,01$ М?

БИЛЕТ № 10

1. Построить кривую потенциометрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta E / \Delta V - V$ и рассчитать концентрацию MgBr_2 в растворе (в г/л), если при титровании 20,0 мл раствора 0,1000 н раствором $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ в соответствии с уравнением химической реакции:



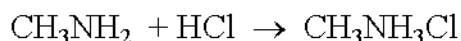
Получили следующие данные:

$V(\text{Hg}(\text{NO}_3)_2)$, мл	10,0	15,0	18,0	19,0	19,5	19,9	20,0	20,1	20,5
E , мВ	501	526	552	570	589	629	704	734	767

2. Для определения β комплекса ЭДТА с ионом металла (MY^{2-}) 25,0 мл 0,1 М раствора MCl_2 смешали с 25,0 мл 0,2 М раствора $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$. Раствор разбавили до 100 мл буферным раствором с рН 9,0. Металлический электрод М в паре со стандартным водородным электродом погрузили в этот раствор. Потенциал системы равен 0,373 В. Вычислить $\beta_{\text{MY}^{2-}}$, если $E^\circ = 0,889$ В.
3. Рассчитайте ошибку измерения потенциала ионоселективного электрода при определении ионов свинца, вызванную присутствием в растворе ионов кальция, если $a_{\text{Pb}^{2+}} = 0,001$ М, $a_{\text{Ca}^{2+}} = 0,01$ М, $K_{\text{Pb}^{2+}/\text{Ca}^{2+}} = 0,002$.

Б И Л Е Т № 11

1. Построить кривую потенциметрического титрования в координатах $E - V$ и $\Delta pH / \Delta V - V$ и определить концентрацию исходного раствора метиламина (CH_3NH_2) в моль/л, если 20,0 мл анализируемого метиламина растворили в мерной колбе на 100 мл, а 10,0 мл полученного раствора оттитровали потенциметрически 0,1000 М раствором HCl в соответствии с реакцией



Были получены следующие результаты:

V(HCl), мл	12,0	15,0	17,0	17,5	17,8	18,0	18,2	18,5	19,0
pH	10,36	9,96	9,43	9,17	8,28	5,99	3,28	2,89	2,58

2. Водородный электрод погружен в раствор, содержащий 0,150 М HA и 0,250 М NaA , в паре со стандартным водородным электродом служит анодом. Рассчитайте константу диссоциации слабой кислоты HA , если потенциал системы равен 0,310 В.
3. Определить наклон градуировочного графика для ионоселективного электрода на Mg^{2+} и сравнить его с наклоном кривых зависимости E от pH , E от $a_{Al^{3+}}$.

Основная литература

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.2. Методы химического анализа: Учебник для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высшая шк., 2000. – 494 с.
2. Отто М. Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2003. Кн.1. – 416 с.
3. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – М.: Мир: ООО «Изд-во АСТ», 2004. Кн.1. – 608 с.
4. Скут Д. Основы аналитической химии / Д. Скут, Д. Уэст. В 2 кн. – М.: Мир, 1979. – 480 с., – 438 с.
5. Сборник задач по аналитической химии. / Под ред. В.Ф. Тороповой. – Казань: Изд-во КГУ, 1987. – 254 с.
6. Электроаналитическая методы. Теория и практика / Под ред. Ф. Шольца. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.
7. Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев. – М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с.
8. Будников Г.К. Основы электроаналитической химии / Г.К. Будников, Н.А. Улахович, Э.П. Медянцева. – Казань: Изд-во КГУ, 1986. – 288 с.
9. Пилипенко А.Т. Аналитическая химия. / А.Т. Пилипенко, И.В. Пятницкий. В 2 кн. Кн.2 – М.: Химия, 1990. – 480 с.
10. Васильев В.П. Аналитическая химия: сборник вопросов, упражнений и задач / В.П. Васильев, Л.А. Кочергина, Т.Д. Орлова. – М.: Дрофа. – 2003. – 319 с.

Дополнительная литература

1. Юинг Г.В. Инструментальные методы химического анализа. – М.: Мир, 1989. – 608 с.
2. Плэмбек Дж.. Электрохимические методы анализа. – М.: Мир, 1985. – 496 с.
3. Гейровский Я., Кута Я. Основы полярографии / Я. Гейровский, Я.Кута. – М.:Мир, 1965. – 559 с.
4. Галлос З. Теоретические основы электрохимического анализа. – М.: Мир, 1974. – 352 с.
5. Будников Г.К. Вольтамперометрия с модифицированными и ультрамикроэлектродами. /Г.К Будников, В.Н. Майстренко, Ю.И. Муринов. – М.: Наука, 1994. – 239 с.
6. Каттралл Р.В. Химические сенсоры. - М.: Научный мир, 2000. – 144 с.
7. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. – М.: Техносфера, 2005. – 336.
8. Бейтс Р. Определение рН: теория и практика. Л.: Химия, 1972. – 400 с.
9. Корята И. Ионоселективные электроды / И. Корята, К.Штулик. – М.: Мир, 1989. – 272 с.
10. Камман К. Работа с ионселективными электродами. – М.: Мир, 1980. – 283 с.
11. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 1987. – 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вопросы по полярографии и вольтамперометрии, входящие в рабочую программу.	3
Билеты с тестовыми заданиями.	4
Билеты для заключительного контроля	14
Вопросы по потенциометрии, входящие в рабочую программу	19
Вопросы для самоконтроля.	20
Билеты с тестовыми заданиями.	26
Задачи для заключительного контроля	39
Список используемых источников.	44

ВОПРОСЫ ПО ПОТЕНЦИОМЕТРИИ, ВХОДЯЩИЕ В РАБОЧУЮ ПРОГРАММУ

23. Сущность метода потенциометрии. Влияние различных факторов на потенциал индикаторного электрода.
24. Механизм возникновения потенциала: ионно-электронный, электронный, ионообменный.
25. Различные варианты потенциометрии. Их краткая характеристика.
26. Преимущества, область применения потенциометрического титрования. Требования, предъявляемые к химическим и электрохимическим реакциям в этом варианте потенциометрии.
27. Сущность, возможности, ограничения прямой потенциометрии.
28. Аналитические характеристики, которые можно вычислить по результатам различных вариантов потенциометрии.
29. Классификация электродов. Индикаторные электроды и электроды сравнения. Поляризуемые и неполяризуемые электроды. Их краткая характеристика.
30. Электроды I рода. Устройство, назначение, механизм действия.
31. Электроды II рода. Устройство, назначение, механизм действия.
32. Электроды III рода. Устройство, назначение, механизм действия.
33. Окислительно-восстановительные электроды. Устройство, назначение, механизм действия.
34. Электроды для измерения рН. Типы, механизм действия. Области применения.
35. Различные типы ионоселективных электродов. Типы мембран, применяемые для изготовления ионоселективных электродов: твердые, жидкие и пленочные: гомогенные и гетерогенные. Их краткая характеристика.
36. Стекланный электрод. Устройство, механизм действия.
37. Уравнение Никольского. Потенциометрический коэффициент селективности.
38. Отклонения в работе стеклнного электрода. Потенциал асимметрии: причины его возникновения, способы устранения.
39. Электроды сравнения. Требования, предъявляемые к ним, назначение, устройство, механизм действия.
40. Преимущества потенциометрического титрования перед: а) обычной титриметрией, б) прямой потенциометрией.
41. Индикаторные электроды для потенциометрического титрования с использованием реакций: а) кислотно-основных, б) окислительно-восстановительных, в) осадительных, г) комплексообразования.
42. Способы нахождения конечной точки титрования и точки эквивалентности.
43. Факторы, определяющие величину скачка потенциалов на кривых потенциометрического титрования.

Основная литература

11. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн.2. Методы химического анализа: Учебник для вузов / Под ред. Ю.А.Золотова. – М.: Высшая шк., 2000. – 494 с.
12. Отто М. Современные методы аналитической химии. – М.: Техносфера, 2003. Кн.1. – 416 с.
13. Аналитическая химия. Проблемы и подходы. / Под ред. Р. Кельнера, Ж.-М. Мерме, М. Отто, М. Видмера. – М.: Мир: ООО «Изд-во АСТ», 2004. Кн.1. – 608 с.
14. Скут Д. Основы аналитической химии / Д.Скут, Д.Уэст. В 2 кн. – М.: Мир, 1979. – 480с., – 438 с.
15. Сборник задач по аналитической химии. / Под ред. В.Ф. Тороповой. – Казань: Изд-во КГУ, 1987. – 254 с.
16. Электроаналитические методы. Теория и практика / Под ред. Ф. Шольца. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 326 с.
17. Будников Г.К. Основы современного электрохимического анализа / Г.К. Будников, В.Н. Майстренко, М.Р. Вяселев.– М.: Мир: Бином ЛЗ, 2003. – 592 с.
18. Будников Г.К. Основы электроаналитической химии / Г.К. Будников, Н.А. Улахович, Э.П. Медянцева. – Казань: Изд-во КГУ, 1986. – 288 с.
19. Пилипенко А.Т. Аналитическая химия. / А.Т.Пилипенко, И.В.Пятницкий. В 2 кн. Кн. 2 – М.: Химия, 1990. – 480 с.
20. Васильев В.П. Аналитическая химия: сборник вопросов, упражнений и задач / В.П.Васильев, Л.А.Кочергина, Т.Д.Орлова. – М.: Дрофа. – 2003. – 319 с.

Дополнительная литература

12. Юинг Г.В. Инструментальные методы химического анализа. – М.: Мир, 1989. – 608 с.
13. Плэмбек Дж.. Электрохимические методы анализа. – М.: Мир, 1985. – 496 с.
14. Гейровский Я. Основы полярографии / Я. Гейровский, Я.Кута – М.: Мир, 1965. – 559 с.
15. Галлос З. Теоретические основы электрохимического анализа. – М.: Мир, 1974. – 352 с.
16. Будников Г.К. Вольтамперометрия с модифицированными и ультрамикроэлектродами. / Г.К Будников, В.Н. Майстренко, Ю.И. Муринов. – М.: Наука, 1994. – 239 с.
17. Каттралл Р.В. Химические сенсоры. – М.: Научный мир, 2000. – 144 с.
18. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. – М.: Техносфера, 2005. – 336.
19. Бейтс Р. Определение рН: теория и практика. Л.: Химия, 1972. – 400 с.
20. Корята И. Ионоселективные электроды / И. Корята, К.Штулик. – М.: Мир, 1989. – 272 с.
21. Камман К. Работа с ионселективными электродами. – М.: Мир, 1980. – 283 с.
22. Практикум по физико-химическим методам анализа / Под ред. О.М. Петрухина. – М.: Химия, 1987. – 248 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вопросы по полярографии и вольтамперометрии, входящие в рабочую программу.	3
Билеты с тестовыми заданиями.	4
Билеты для заключительного контроля	14
Вопросы по потенциометрии, входящие в рабочую программу	19
Вопросы для самоконтроля.	20
Билеты с тестовыми заданиями	25
Билеты для заключительного контроля	38
Список используемых источников.	43